Prof[a] Mónica E. Diessler

APO 1: Generalidades de las células eucariotas y procariotas. Estructura y ultraestructura celular. Diversidad de organismos eucariotas: animales, plantas, hongos y protistas

-Células eucariotas y procariotas.
Compartimientos, componentes y funciones generales
-Tamaño celular. Estructura, ultraestructura. Microscopía.
-Diversidad de organismos eucariotas.
Principales características celulares y orgánicas.

En este texto, que complementa al Apunte ***"APO 1: Introducción a la Biología Celular… Evolución y diversidad biológica"*** se consignan conceptos muy generales y datos mínimos de algunos temas de la unidad 1 del programa de la materia, con mayor énfasis en las células y organismos actuales que en la evolución de la vida. Como se ha explicado, la enorme diversidad de organismos ha sido agrupada en categorías taxonómicas, entre las cuales la categoría más abarcativa es el **DOMINIO**. El dominio Eukarya (los **organismos eucariotas**) abarca a todos los organismos formados por **células eucariotas** e incluye a los animales, plantas, hongos y protistas. Los dominios Archaea y Bacteria (**arqueas** y **bacterias**, respectivamente) comprenden organismos constituidos por **células procariotas**, cuyas diferencias se puntualizarán más adelante en la cursada.

Un aspecto que todos ellos tienen en común es la composición química, *en términos muy generales*: tanto las células procariotas como las eucariotas están compuestas por el mismo tipo de moléculas, que participan en reacciones químicas equiparables. Además, la información genética está -en todas las células- codificada en moléculas de ADN, "escrita" en el mismo código, construida a partir de los mismos componentes químicos e interpretada, esencialmente, por la misma maquinaria celular.

Como se ha comentado en la clase teórica, las primeras células respondían a un tipo de organización al que denominamos **"procariota"**. Consistían en una única membrana -el límite celular- y un medio interno sin divisiones membranosas donde se hallaban el material genético y los ribosomas. Los microfósiles hallados permitieron establecer que ya muy tempranamente por fuera de esa membrana se había formado un límite más rígido: la pared celular, diferente de la actual. Los organismos existentes en ese tiempo (tanto las arqueas como las bacterias, de aparición posterior) eran unicelulares. Si releés en el apunte precedente el apartado "EL SURGIMIENTO DE LAS CÉLULAS EUCARIOTAS", recordarás que la **eucariogénesis**[1] consistió en varios procesos, y entre ellos se menciona a la formación de membranas internas, como la envoltura nuclear, y la pérdida de la pared (aunque en algunos eucariotas evolucionaron luego otros tipos de paredes, ver más adelante). La compartimentalización celular **propia de las células eucariotas**, como el resto de las características celulares, es consecuencia de la evolución que han experimentado.

Tanto las células procariotas como las eucariotas están limitadas por una membrana y compuestas por material genético (ADN y ARN) y por un citosol con moléculas y ribosomas capaces de expresar de manera autónoma la información contenida en los genes (dedicaremos dos APO a estudiar el concepto de *expresión génica*). Además de sus aspectos químicos y estructurales en común, todas las células intercambian materia

[1] La evolución de células eucariotas, a partir de procariotas.

con el medio extracelular, degradan parte de ella y transforman y utilizan la energía contenida en los enlaces químicos de las moléculas.

Células eucariotas

Específicamente las células eucariotas tienen ciertas particularidades generales: su material genético se encuentra envuelto (envoltura nuclear) y su ADN es lineal; poseen membranas internas que limitan diferentes ambientes y forman organelas membranosas y estructuras temporarias denominadas vesículas; las proteínas de su citoesqueleto se encuentran formando filamentos y sus ribosomas son más grandes que los de células procariotas. El tamaño celular aproximado se encuentra entre 10 y 100 µm. Por los motivos evolutivos mencionados en la clase, las células eucariotas poseen, entre otras organelas membranosas, mitocondrias[2]. Las células eucariotas poseen dos grandes ***compartimientos***: el **núcleo** y el **citoplasma**; este último contiene organelas membranosas (*por ejemplo, referencias 4, 6, 7, 8, 9 en fig. 1*). Todo el resto del volumen del citoplasma entre dichas organelas se denomina **citosol** y contiene, entre otros muchos componentes, al citoesqueleto y los ribosomas.

Cabe aclarar que entre los distintos organismos eucariotas (animales, plantas, protistas, hongos) existen diferencias con respecto a algunas moléculas de las membranas o del citosol, a la presencia o ausencia de pared celular, de cápsula, e inclusive de algunas organelas membranosas. Algunas diferencias se consignan en la tabla al final del apunte. En este curso se toma a las **células de organismos animales** como **modelo de estudio de eucariotas**. La figura 1 muestra ***componentes*** de las células eucariotas animales y en la tabla 1 se mencionan sus funciones principales.

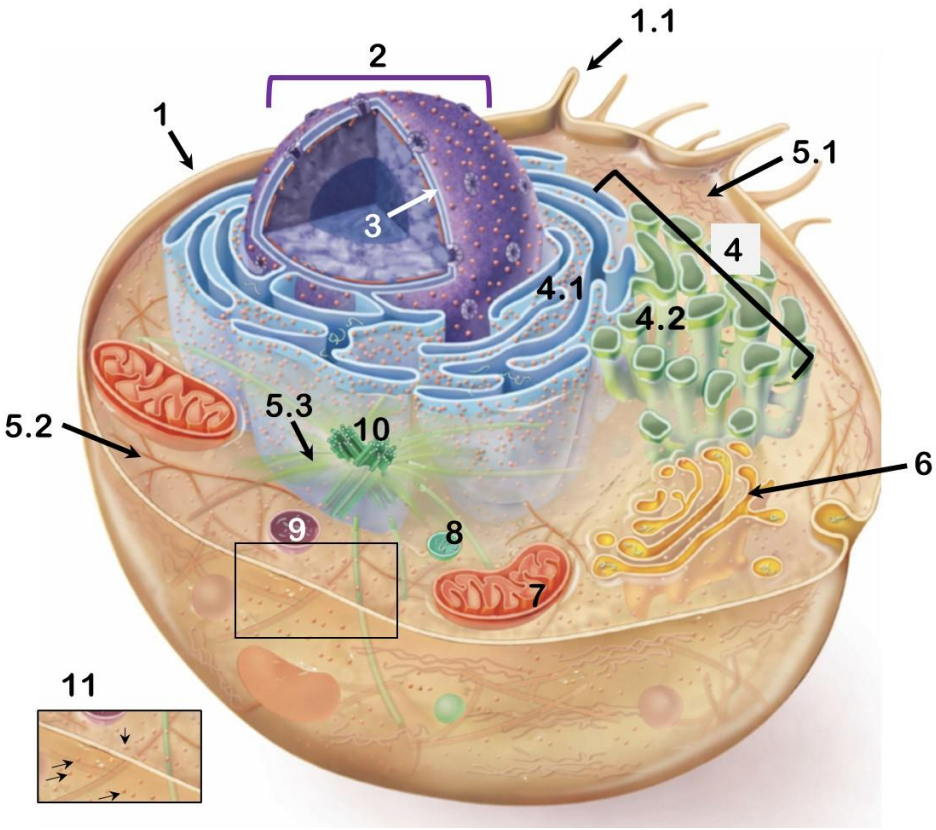


Figura 1. *Célula eucariota* ***ANIMAL.*** *1: membrana plasmática (MP); 1.1 microvellosidades (proyecciones de la MP); 2: núcleo; 3: envoltura nuclear; 4: retículo endoplásmico (RE); 4.1: RE rugoso; 4.2: RE liso; 5: filamentos del citoesqueleto (5.1: finos, 5.2: intermedios, 5.3: gruesos); 6: Complejo de Golgi; 7: mitocondria; 8: peroxisoma; 9: lisosoma; 10: centriolos; 11: ribosomas.*

[2] Las células vegetales, como resultado del mismo proceso de endosimbiosis seriada, poseen mitocondrias **Y** cloroplastos; algunos pocos organismos eucariotas adquirieron y perdieron las mitocondrias a lo largo de la evolución.

Tabla 1. Funciones de los componentes de la célula eucariota animal

Referencia N° (en figura 1)	Compartimiento/ organela/ estructura membranosa	Funciones generales o características principales (se detallarán en las APO correspondientes)
1	Membrana plasmática (MP)	Límite celular semipermeable; transporte de sustancias, comunicación, uniones celulares, reconocimiento entre células.
1.1	Microvellosidades (proyecciones de la MP)	Ampliación de la superficie de la MP.
2	Núcleo	Contiene cromatina y otras sustancias. Sitio de síntesis de ADN y ARN.
3	Envoltura nuclear	Transporte de sustancias entre el núcleo y el citosol; anclaje de cromatina.
4	Retículo endoplásmico (RE)	
4.1	RE rugoso	Posee ribosomas. Síntesis y modificación de proteínas de membrana, de exportación y con otros destinos.
4.2	RE liso	Síntesis de lípidos, almacenamiento de calcio, etc.
5.1	Citoesqueleto: filamentos finos	Forma y movimiento celular, entre otras funciones.
5.2	Citoesqueleto: filamentos intermedios	Forma celular y resistencia a la tensión, entre otras funciones.
5.3	Citoesqueleto: filamentos gruesos	Transporte intracelular, formación de organelas microtubulares, etc.
6	Complejo de Golgi	Modificación de proteínas y lípidos provenientes del RE, entre otras funciones.
7	Mitocondrias	Síntesis de ATP (resultado de la respiración celular), detoxificación de sustancias, síntesis y degradación de ácidos grasos, etc.
8	Peroxisoma	Detoxificación de sustancias, síntesis y degradación de ácidos grasos, etc.
9	Lisosoma	Digestión celular.
10	Centriolos	Formación del huso mitótico y de cuerpos basales.
11 (recuadro)	Ribosomas	Sitio de síntesis de todas las proteínas.
No mostrados	Proteasomas	Sitio de degradación de proteínas.
No mostradas	Inclusiones	La célula podría tener **O NO** inclusiones de reserva energética, pigmentos, etc,

Células procariotas

Las células procariotas y los organismos que ellas constituyen distan de ser “simples”, “poco complejos” y en aspectos metabólicos, tanto como estructurales, exhiben una fascinante diversidad que se presentará, al menos parcialmente, en la actividad prevista sobre este tipo celular. En este apartado solo serán mencionadas algunas particularidades estructurales, a modo de presentación del tema. La ausencia de envoltura nuclear determina que consideremos que estas células poseen un solo compartimiento al que nombraremos como citosol[3].

La célula procariota no se encuentra adicionalmente compartimentalizada, pero esto no significa en lo absoluto que sus componentes tengan una distribución azarosa, ni que sus procesos ocurran de manera caótica en el citosol; por el contrario, en estas células existen regiones particulares con composición determinada y actividades específicas. Por ejemplo, en la **figura 2** se observa que el centro de la célula es más electronlúcida, gris clara, y la periferia es más electrondensa, gris oscura. El centro celular es una región

[3] En general, al gran compartimiento de las células procariotas se lo llama citoplasma. En este curso lo mencionamos como citosol para evitar confusiones con el citoplasma de las células eucariotas, que incluye organelas (membranosas) de las que las células procariotas carecen.

llamada nucleoide[4], donde se encuentra la mayor parte de los elementos genéticos de la célula, e inclusive se ha descripto que allí existe una organización en "fases" o subzonas (con mayor o menor predominio de ADN sobre otras moléculas y con separación de procesos). EL ADN procariota es una doble hélice circular (sin extremos libres) unido a proteínas diferentes de las de los eucariotas[5]. Las células procariotas poseen, además, otros elementos genéticos, algunos de los cuales pueden pasar de una célula a otra.

En la figura 2 se mencionan y esquematizan o muestran estructuras de cubierta celular y prolongaciones propias de las células procariotas.

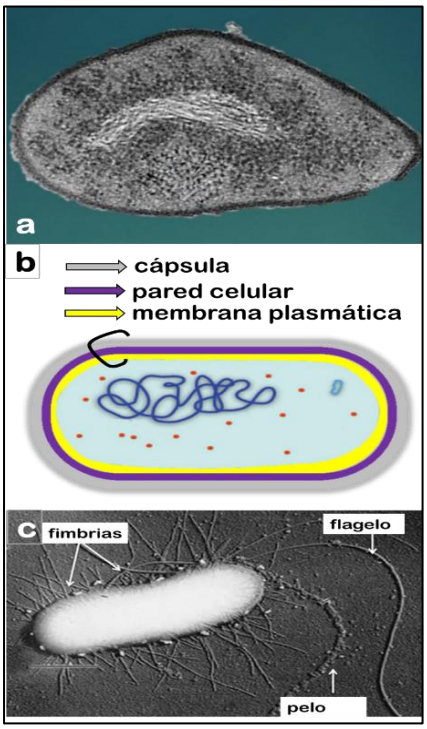


Figura 2.

a) Bacteria (célula procariota). Zona electronlúcida central (nucleoide); periféricamente, numerosos puntos pequeños electrondensos que corresponden a ribosomas. Imagen obtenida mediante microscopía electrónica de transmisión (esta bacteria mide alrededor de 1 µm de longitud).

b) Cubiertas celulares, desde la interior hasta la exterior:
- *una **membrana plasmática** limita a la célula procariota, al igual que a todas las células;*
- *además, la amplísima mayoría de las especies procariotas poseen una **pared celular**, formada principalmente por una macromolécula denominada proteoglicano;*
- *muchas especies pueden desarrollar una **cápsula**.*

c) numerosas fimbrias, un flagelo y un pelo (lat. *pilus*, plural: *pili*) constituyen las prolongaciones de la célula procariota mostrada.

Tamaño celular. Estructura, ultraestructura. Microscopía

El conocimiento acerca de la existencia de elementos a los que se denominó "células" (y su conceptualización como unidades de la vida, dos siglos después) fue posible con el uso de lentes con las que se fabricaron los primeros microscopios ópticos (MO). Los MO como los que se utilizarán en las aulas de microscopía más adelante en la carrera son más complejos que aquellos, pero el principio de funcionamiento es el mismo: una delgada muestra es atravesada por un haz de **luz** (por eso el microscopio se llama "**óptico**") y se observa mediante lentes que magnifican lo observado -lo agrandan-. Estos microscopios permiten observar lo que llamamos **estructura celular** (Tabla 1). En el libro "Introducción a la Histología Veterinaria", que usarán en el segundo cuatrimestre, se describen la técnica histológica básica y los microscopios (descarga gratuita desde aquí https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/149242)

La utilización de microscopios electrónicos (ME) en muestras biológicas hacia mediados del siglo XX, permitió ir más allá y conocer la ***ultra*estructura celular**. La ultraestructura refiere a un mayor nivel de detalle; por ejemplo, mediante un tipo de ME pueden observarse no sólo la célula y su núcleo, sino también las organelas y hasta algunos grupos de moléculas grandes. En los microscopios electrónicos las muestras son o "***atravesadas***" o bien "***barridas***" superficialmente por un haz de **electrones**, por eso se llama a estas técnicas "microscopía electrónica de transmisión" -MET- o "microscopía electrónica de barrido" -MEB-, respectivamente (Tabla 2). La imagen resultante no se observa directamente, sino que se ve en una pantalla.

Además de los diferentes tipos de microscopios ópticos existentes (que permiten distintos estudios celulares, incluida la observación de células vivas), muchas otras técnicas de estudio se utilizan para conocer la composición y funcionamiento celular. Algunas de ellas son: centrifugación diferencial (para

[4] También se denomina nucleoide al contenido de esa región: el cromosoma bacteriano.

[5] La masa de proteínas asociada con el ADN es diez veces menor en procariotas que en eucariotas animales; esto lleva muchas a veces a que se describa el ADN procariota de manera confusa/errónea como "desnudo" (carente de proteínas asociadas).

fraccionamiento subcelular), detección y ubicación de una molécula específica en un tejido mediante inmunohistoquímica, extracción, aislamiento y luego amplificación de ácidos nucleicos por PCR[6], detección de proteínas específicas mediante *Western blot*, entre otras.

Tabla 2. Diferencias básicas entre la microscopía óptica y electrónica

Microscopía	fundamento	información que brinda	pueden reconocerse
óptica (MO)	la muestra es atravesada por luz visible	**estructura** celular	citoplasma, núcleo, eventualmente otras características
electrónica *de transmisión (MET)*	la muestra es atravesada por electrones	**ultraestructura** celular	detalle de las organelas, partículas, grandes moléculas
electrónica *de barrido (MEB)*	la muestra es barrida superficialmente por electrones	superficie celular	forma, contorno, proyecciones, prolongaciones, etc

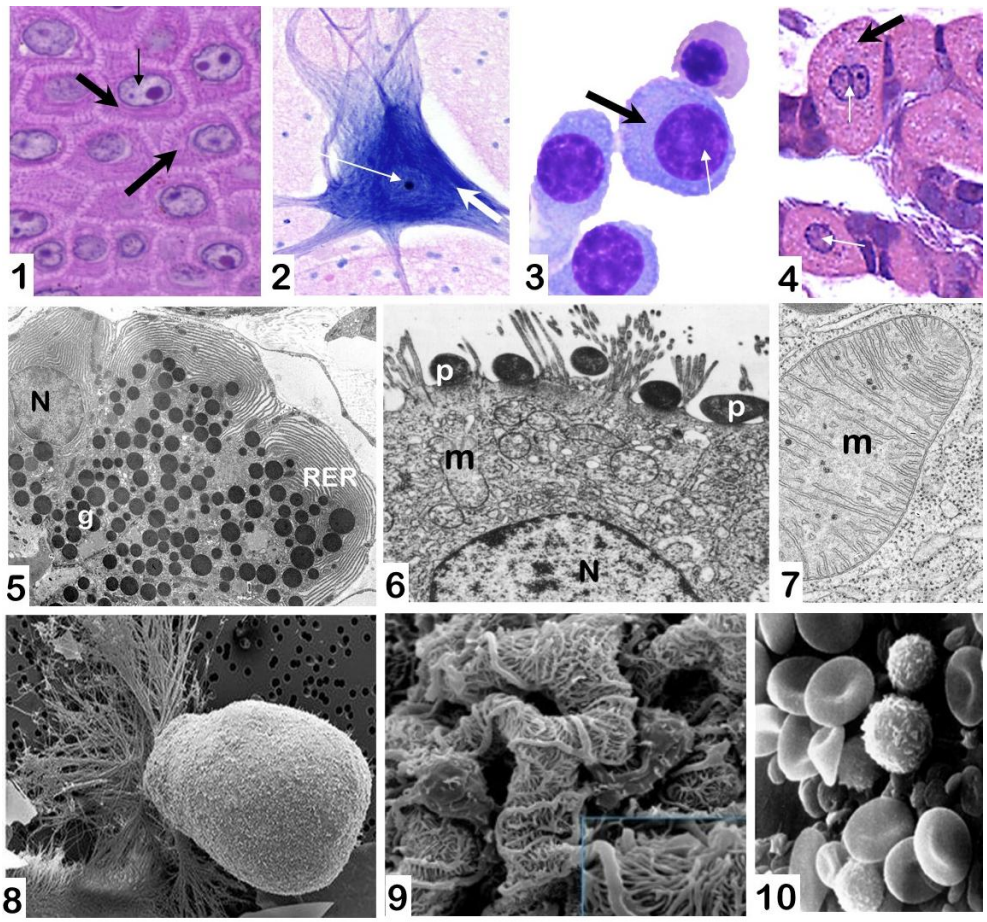


Figura 3. ***Fila superior****: muestras observadas con un microscopio óptico. Estructura celular. Las* flechas delgadas *señalan el núcleo y las* flechas más gruesas *el citoplasma celular.* ***1****-células de la piel,* ***2****-neurona,* ***3****-células plasmáticas,* ***4****-células del estómago (se señala una binucleada).*
Fila intermedia*: muestras observadas con un microscopio electrónico de transmisión.* ***N****: núcleo,* ***RER****: retículo endoplásmico rugoso,* ***g****: gránulos secretorios,* ***m****: mitocondria,* ***p****: células procariotas.* ***5****-células pancreáticas,* ***6****-célula intestinal de un cerdo; se observan también cinco bacterias marcadas con "p",* ***7****-mayor aumento de una mitocondria, abajo, a la derecha, se observan segmentos de RER.*
Fila inferior*: muestras observadas con un microscopio electrónico de barrido. Se observa la superficie de:* ***8****-un protista parásito del intestino de una termita,* ***9****: una estructura del riñón de un mamífero y* ***10-****células sanguíneas de mamífero.*

[6] PCR, del inglés *Polymerase Chain Reaction*, reacción en cadena de la polimerasa. Sus fundamentos se estudiarán en la APO sobre ácidos nucleicos y proteínas.

Tamaño relativo de moléculas, organelas, células

Es relevante para nuestra profesión saber qué puede observarse (y qué no) mediante el microscopio óptico. Para ello, es necesario conocer el tamaño aproximado de los elementos que estudiamos en este curso: moléculas, organelas, células (Fig. 4). Esto permite, además, representar mentalmente las relaciones que tienen entre sí (una organela cabe en una célula, y no al revés). Adicionalmente, este saber posibilita la interpretación de las imágenes de los textos y clases.

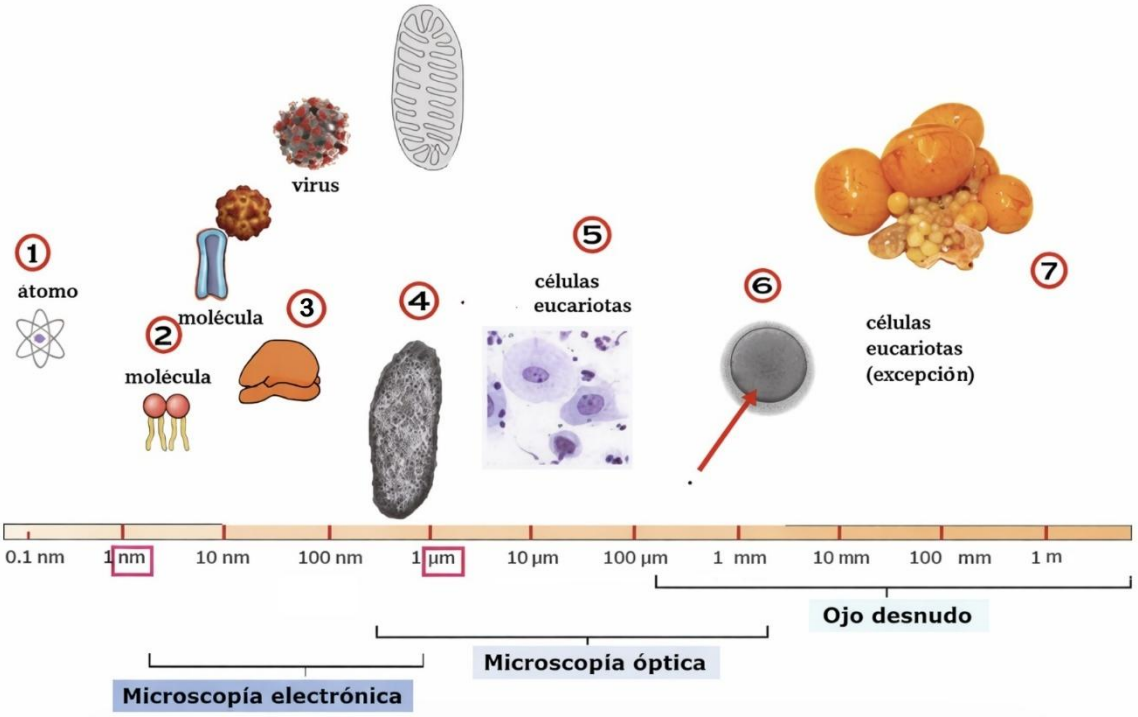


Figura 4. *(**ME**: microscopio electrónico, **MO**: microscopía óptica).*

*1- Los **átomos** no llegan a observarse con el ME, su tamaño es menor que 1 nanómetro (nm).*

*2- Las **moléculas,** formadas por átomos, miden unos pocos nanómetros.*

*3- Una pequeña organela eucariota (el **ribosoma**) mide 32 nm, es decir que llega a observarse con el ME, pero no con el MO. Algunos virus son de tamaño similar (los incluimos con fines comparativos, aunque no sean seres vivos).*

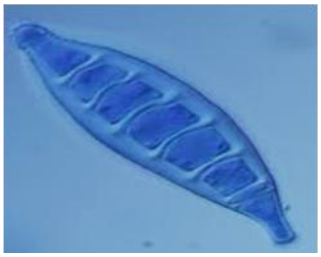
*4- Una **célula procariota,** así como una organela eucariota llamada mitocondria, miden alrededor de 1 µm: se requiere el ME para estudiarlas; con un MO se observan, pero solo como un punto.*

*5- El tamaño de la mayor parte de las **células eucariotas** se mide en micrómetros (µm), entre 5 y 100 aproximadamente, por lo que no son visibles macroscópicamente, pero pueden observarse con el microscopio óptico.*

6 y 7: ovocitos, las células eucariotas animales más grandes. El de mamífero (6) se ve como un punto a ojo desnudo. El ovocito de las aves, en este caso de la gallina (yema de huevo), mide varios centímetros.

Diversidad de organismos eucariotas

Si bien los animales son los eucariotas más estudiados durante la carrera es importante conocer progresivamente a *otros organismos del mismo dominio*, principalmente en relación con aquellos: las características generales de las plantas que afectan su digestibilidad, el metabolismo de hongos y protistas parásitos y su susceptibilidad a fármacos, etc. No es un objetivo de este curso describir cada uno, sino que solo se han comentado en clase características muy generales de ellos y de sus células, con la finalidad de recordar que no todo lo estudiado en relación con las células animales puede aplicarse a otros organismos de interés.



Dominio *Eukarya*	Las células eucariotas poseen…					Características generales de organismos eucariotas…			
Reino	**pared**	**cápsula**	**mitoc.**	**cloropl.**	**px**		**uni/multi/ pluricelulares**	**tamaño general**	**estrategia de nutrición**
Animalia	no	no	sí	no	sí	**animales**	pluricelulares	macroscópicos (ciertos insectos están en el límite de resolución del ojo humano)	heterótrofos consumidores
Plantae	sí (contienen celulosa)	no	sí	sí	sí	**plantas**	pluricelulares	macroscópicos	autótrofos fotosintéticos
Fungi	sí (variadas, contienen quitina)	inconstante	sí	no	sí	**hongos**	unicelulares multicelulares pluricelulares	micro y macroscópicos	heterótrofos por absorción *(a partir de materia muerta o viva)*
Protista	inconstantes *(pueden o no poseer estos elementos en diferentes combinaciones)*					**protistas**	unicelulares multicelulares	micro y macroscópicos	-heterótrofos -autótrofos (los fotosintéticos: algas)

Mitoc: mitocondrias; cloropl.: cloroplastos; px: peroxisomas.

Terminados los contenidos disciplinares de APO 1, te dejamos aquí planteada una situación problemática para cuya resolución deberás buscar algún dato en internet. No es de resolución obligatoria y solo tiene por objetivo que sea evidente ***cómo una característica celular que podría parecer un detalle ínfimo, eventualmente puede resultar en un desarrollo farmacológico***.

Un grupo de científicxs en los Países Bajos intentó desarrollar un herbicida, sin éxito: el fármaco que lograron formular no tenía efecto sobre las malezas. Sin embargo, sí observaron que luego de su aplicación morían ciertos insectos, porque el fármaco afectaba la síntesis del principal componentes de su exoesqueleto e impedía la muda de las larvas.

Teniendo en cuenta cuál es el principal componente del exoesqueleto en insectos, se les ocurrió que su formulación podría convertirse en un tratamiento posible para la curación de enfermedades causadas por ciertos organismos eucariotas (que afectan a animales y personas), ya que alteraría sus ***PAREDES CELULARES****. ¿Para qué tipo de enfermedades podría usarse el fármaco en cuestión: bacterianas, virales, fúngicas, causadas por protistas o por otros animales?*